10A

УДК 004.93

Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина
akhmlu@mail.ru, egorov@mayak.dp.ua

Методика автоматизированного повышения яркости и контраста мультиспектральных изображений

В данной статье предложена методика автоматизированного повышения яркости и контраста мультиспектральных изображений, которая, благодаря своей адаптивности, может быть применена для обработки широкого спектра снимков и позволяет сохранять цветовое соответствие с исходным изображением. Представлены экспериментальные результаты применения предложенной методики для обработки полутоновых фотографий участка леса и медицинского RGB снимка.

Введение

В настоящее время при решении многих реальных задач возникает необходимость в автоматизированной обработке изображений. Среди таких задач можно выделить распознавание номеров железнодорожных вагонов, автомобилей, контейнеров, создание медицинских экспертных систем, анализ спутниковых снимков, обработку фотографий.

Из-за изменяющихся условий съемки, получаемые изображения часто оказываются «темными» или содержащими низкоконтрастные области. Если учесть сложность, а зачастую и невозможность повторной съемки, то возникает необходимость в качестве одного из первоначальных этапов обработки выполнять автоматизированное повышение яркости и контраста у получаемых изображений, которые в зависимости от решаемой задачи могут быть как полутоновыми, так и цветными.

Даже в случае, когда автоматизация не является основной задачей, использование алгоритмов повышения яркости и контраста, которые не требуют длительных рутинных настроек своих параметров в «ручном» режиме, существенно упрощает решение задачи и снижает временные затраты.

Постановка задачи

Таким образом, используемый для повышения яркости и контраста метод должен быть применим как для цветных, так и для полутоновых изображений. Применяемый метод также должен повышать яркость только в случае необходимости, быть адаптивным, т.к. в пределах одного изображения могут содержаться высоко- и низкоконтрастные области, иметь малое число управляющих параметров.

Большинство существующих алгоритмов повышения яркости и контраста [1], [2] либо не справляются с поставленной задачей, либо имеют большое количество управляющих параметров метода, требующих «ручной» подстройки под конкретное изоб-

ражение, что в случае изменяющихся условий съемки приводит к необходимости их длительного подбора и, соответственно, полностью непригодно при автоматизированной обработке.

Следует отметить, что при повышении яркости и контраста в некоторых случаях задача сохранения цветового соответствия может не ставиться. Например, в случае распознавания номеров важным является только четкое выделение областей изображения, которые содержат регистрационные символы, что накладывает соответствующие требования на используемые для этого методы [3].

Однако, в ряде задач сохранение цветового соответствия между выходным и исходным изображениями является очень важным. Примерами таких задач могут быть: дерматоскопическая диагностика кожных заболеваний, анализ спутниковых снимков, обработка фотографий.

Целью данной работы является разработка методики автоматизированного повышения яркости и контраста, сохраняющей цветовое соответствие с исходным изображением, которая может быть применена для широкого спектра как полутоновых, так и цветных изображений.

Решение задачи

Сложность решения поставленной задачи заключается в том, что разрабатываемая в этой работе методика должна быть пригодной для автоматизированной обработки, что требует минимизации количества управляющих параметров, быть адаптивной, позволяя обрабатывать участки снимка, существенно отличающиеся по своим характеристикам, и обеспечивать цветовое соответствие выходного и исходного изображений.

Повышение яркости в предлагаемой в данной работе методике при необходимости осуществляется благодаря применению метода адаптивного повышения яркости. Повышение контраста выполняется на основе использования методов адаптивного пространственного контрастирования и адаптивной гистограммной коррекции, предложенных в рамках алгоритма адаптивного контрастирования в работе [3]. Адаптивность в этих методах достигается путем разбиения исходного изображения на неперекрывающиеся окна, что, с одной стороны, позволяет повысить чувствительность при определении низкоконтрастных участков изображения, а с другой стороны – приводит к более низким вычислительным затратам по сравнению с использованием перекрывающихся окон.

Метод адаптивного повышения яркости заключается в пропорциональном повышении яркости изображения, которое достигается благодаря использованию статистических характеристик как изображения в целом, так и каждого его окна. Следует отметить, что вывод о необходимости повышения яркости для каждой цветовой компоненты изображения делается автоматически на основании ее статистических характеристик. Предложенный метод состоит из четырех шагов, которые выполняются над каждой цветовой компонентой исходного изображения.

1. На первом шаге для каждой цветовой компоненты исходного изображения вычисляется значение, на основании которого будет приниматься решение о необходимости повышения ее яркости:

$$P_{im} = 0.5^{\overline{P}} - (M_{im})^{(1-M_{im})}, \qquad (1)$$

где M_{im} – среднее значение яркости текущей цветовой компоненты входного для этого шага изображения, а $\overline{P}$ – среднее по вектору, состоящему из следующих зна-

чений: 0.5, M_{im}, $0.5\times\max_{im}$, при этом $\max_{im}$ – максимальное значение яркости текущей цветовой компоненты входного для этого шага изображения.

Если для текущей цветовой компоненты выполняется условие $P_{im} > 0$, то переход к шагу 2, иначе – выход.

2. Выполняется пропорциональное повышение яркости каждого пикселя выбранной цветовой компоненты, для чего каждое ее окно подвергается следующему преобразованию:

$$W_{x,y}^{2} = (W_{x,y}^{1})^{\left(1-\left(W_{x,y}^{1}\right)^{P_w}\right)}, \qquad (2)$$

где $W_{x,y}^{1}$ и $W_{x,y}^{2}$ – пиксели с координатами x, y текущего окна входного и выходного изображений для этого шага алгоритма, соответственно; значение P_w вычисляется на основании статистических характеристик текущего окна выбранной цветовой компоненты и цветовой составляющей в целом по формулам:

$$P_w = \max(P_w^1, 1 - P_w^1), \qquad (3)$$

$$P_w^1 = \left(\min(P_w^2, 1 - P_w^2)\right)^{\left(\min(P_w^2, 1-P_w^2)\right)}, \qquad (4)$$

$$P_w^2 = \frac{\left|\left(W_{x,y}^1\right)^{\left(1-W_{x,y}^1\right)} - \left(\overline{P_w^1}\right)^{\left(1-\overline{P_w^1}\right)}\right| + P_{im}}{2}, \qquad (5)$$

где $\overline{P_w^1}$ – среднее по вектору, состоящему из следующих значений: 0.5, M_{im}, $0.5\times\max_w$, M_w, при этом $\max_w$ – максимальное значение яркости текущего окна выбранной цветовой компоненты входного для этого шага изображения, а M_w – среднее значение яркости текущего окна выбранной цветовой компоненты входного для этого шага изображения.

Следует отметить, что кроме повышения яркости на этом этапе также достигается некоторое повышение контраста.

3. Этот этап предназначен для пропорционального повышения яркости всех пикселей каждого окна выбранной цветовой составляющей, которое выполняется следующим образом:

$$W_{x,y}^3 = \left(W_{x,y}^2\right)^{\left(1-P_{aft}\right)}, \qquad (6)$$

где $W_{x,y}^3$ – пиксель с координатами x, y текущего окна выбранной цветовой компоненты выходного изображения этого шага; значение P_{aft} вычисляется на основании статистических характеристик текущего окна по следующей формуле:

$$P_{aft} = \left(\min(0.5, \overline{P_w^2})\right)^{\left(\max(0.5, \overline{P_w^2})\right)} - \left(M_w\right)^{\left(1-M_w\right)}, \qquad (7)$$

где $\overline{P_w^2}$ – среднее по вектору, состоящему из следующих значений: 0.5, $0.5\times\max_w$, M_w.

4. На последнем этапе предложенного алгоритма выполняется повышение яркости для каждой цветовой компоненты исходного для этого шага изображения следующим образом:

$$I^2_{x,y} = \left(I^1_{x,y}\right)^{(1-P_{im})}, \quad (8)$$

где $I^1_{x,y}$ и $I^2_{x,y}$ – пиксели с координатами x, y текущей цветовой компоненты входного и выходного изображений для этого шага алгоритма, соответственно; значение P_{im} вычисляется по формуле (1).

Метод адаптивного пространственного контрастирования направлен на повышение контраста на определенных участках исходного изображения и сохранение уровня интенсивности его высококонтрастных фрагментов. Он состоит из трех шагов, которые выполняются над каждой цветовой компонентой исходного изображения.

1. На первом шаге каждое окно рассматриваемой цветовой компоненты входного изображения подвергается следующему преобразованию:

$$W^2_{x,y} = (W^1_{x,y})^{\left(1-k\times W^1_{x,y}\right)}, \quad (9)$$

где k – коэффициент, который вычисляется на основе статистических характеристик текущего окна рассматриваемой цветовой компоненты входного изображения по следующей формуле:

$$k = 10^{\left(\lg(C)+W^1_{x,y}-M_w\right)}, \quad (10)$$

где M_w – среднее значение интенсивности пикселей текущего окна выбранной цветовой компоненты входного изображения, а C вычисляется следующим образом:

$$C = \left(1-M_w\right)^{(1-M_w)}. \quad (11)$$

2. В результате выполнения преобразования (11) для каждого пикселя текущего окна происходит сдвиг уровня яркости выбранной цветовой компоненты к значениям 1 либо 0 в зависимости от коэффициента k, который вычисляется для выбранной цветовой составляющей на основе интенсивности пикселя, и среднего значения интенсивности окна. Однако возможны ситуации, когда это преобразование приводит к чрезмерному сдвигу интенсивности пикселя. Для компенсации возможного негативного влияния преобразования (11) и предназначен второй шаг, который заключается в применении следующего преобразования к текущему окну выбранной цветовой компоненты изображения:

$$W^3_{x,y} = \left(W^2_{x,y}\right)^P, \quad (12)$$

где P – значение, которое вычисляется на основе статистических характеристик текущего окна выбранной цветовой компоненты входного для этого этапа изображения по такой формуле:

$$P = P_1^{P_1}, \quad (13)$$

где значение P_1 вычисляется следующим образом:

$$P_1 = \left|C^C + s*\left(M_w{}^{M_w} - 0.5\times \max{}_w\right)\right|, \quad (14)$$

где C вычисляется по формуле (11), $\max_w$ – максимальное значение интенсивности пикселей текущего окна выбранной цветовой компоненты входного изображения для этого шага, а s вычисляется по формуле:

$$s = sign\left(m_w - 0.5\times \max{}_w\right). \quad (15)$$

3. Последний шаг предложенного алгоритма позволяет осуществить управляемую коррекцию уровня интенсивности пикселей каждой цветовой компоненты полу-

ченного изображения с использованием статистических характеристик текущего окна и всего изображения в целом, для осуществления которой текущее окно подвергается такому преобразованию:

$$W_{x,y}^4 = \left(W_{x,y}^3\right)^{\left(P_a + (M_w)^{M_w}\right)}, \qquad (16)$$

где $W_{x,y}^4$ – пиксель с координатами x, y текущего окна выбранной цветовой компоненты выходного изображения последнего шага предложенного алгоритма; P_a вычисляется по следующей формуле:

$$P_a = \left(1 - M_{im}\right)^{M_{im}} + P_{add}, \qquad (17)$$

где P_{add} – выбираемое эмпирически значение, позволяющее управлять уровнем яркости получаемого изображения. Следует отметить, что отрицательные значения параметра P_{add} приводят к повышению яркости выходного изображения, а положительные – к уменьшению.

Метод адаптивной гистограммной коррекции позволяет произвести масштабированное расширение гистограммы изображения, а также обеспечивает некоторое повышение его яркости. Он состоит из трех этапов:

1. Для текущего окна входного изображения производится масштабированное расширение его гистограммы по следующей формуле:

$$hist_i^1 = \frac{(hist_i - \min_1) \times (\max_1 - \min_1)}{\max_0 - \min_0} + \min_1, \qquad (18)$$

где hist – вектор значений гистограммы текущего окна входного изображения, состоящий из 256 элементов; $hist^1$ – новый вектор значений гистограммы обрабатываемого окна; $\max_0, \min_0$ – максимальное и минимальное значения интенсивностей, присутствующих в обрабатываемом окне, соответственно; $\max_1, \min_1$ – новые значения для максимальной и минимальной интенсивности пикселей окна, которые вычисляются с использованием статистических характеристик его гистограммы:

$$\min_1 = \min_0^{-\min_0} \times (1 - d), \qquad (19)$$

где d – доля ненулевых интенсивностей в текущем окне. При этом, если выполняется условие $0.5 \le \min_1 < 1$, то значение $\min_1$ корректируется:

$$\min_1 = \min_1^{-\left((1-\min_1)^{\min_1}\right)}. \qquad (20)$$

Значение $\max_1$ определяется следующим образом:

$$\max_1 = \frac{\max_0^{\left(1 - \frac{\max_0 - M_h}{\max(M_h, 1 - M_h)}\right)}}{1 - d}, \qquad (21)$$

где M_h – среднее значение для вектора $hist^1$. Если $\max_1 \le 0.5$, то значение $\max_1$ корректируется по формуле:

$$\max_1 = \max_1^{(1-\max_1)}. \qquad (22)$$

в противном случае, если выполняется условие $M_h > 0.5$, то значение $\max_1$ изменяется следующим образом:

$$\max_1 = \max_1^{-(1 - \max_1 + M_h)}, \qquad (23)$$

Следует отметить, что полученные значения $\min_1$ и $\max_1$ всегда удовлетворяют следующим условиям: $0 \le \min_1 \le \min_0$ и $\max_0 \le \max_1 \le 1$.

2. К полученному вектору hist^1 применяется следующее преобразование, обеспечивающее пропорциональное повышение его яркости:

$$hist_i^2 = \left(hist_i^1\right)^{\left(1-h_k \times hist_i^1\right)}, \qquad (24)$$

где hist^2 – вектор значений гистограммы текущего окна выходного изображения; $\mathrm{h_k}$ – коэффициент, вычисляемый на основе статистических характеристик вектора hist^1 по формуле:

$$\mathrm{h_k} = \frac{\mathrm{hist}_i^1 - \mathrm{M_h}}{\max\left(\mathrm{M_h}, 1-\mathrm{M_h}\right)}. \qquad (25)$$

3. Все интенсивности пикселей текущего окна меняются на соответствующие им интенсивности, содержащиеся в векторе hist^2, в результате чего и формируется выходное изображение.

В данной работе предлагается методика повышения яркости и контраста исходного изображения, состоящая из следующих этапов.

1. К исходному изображению применяется метод адаптивного повышения яркости. Размерность окна при этом выбирается 3 × 3. После его применения для каждой цветовой компоненты вычисляется коэффициент увеличения яркости (Δ) по следующей формуле:

$$\Delta = \overline{\mathrm{I}_2} - \overline{\mathrm{I}_1}, \qquad (26)$$

где $\overline{\mathrm{I}_2}$ и $\overline{\mathrm{I}_1}$ – средние значения яркости для выбранной цветовой компоненты выходного и входного для этого шага изображений, соответственно.

2. К изображению, полученному после первого этапа, применяется метод адаптивного пространственного контрастирования. Размерность окна при этом также выбирается 3 × 3. Параметр $\mathrm{P_{add}}$ для каждой цветовой компоненты вычисляется следующим образом:

$$\mathrm{P_{add}} = \mathrm{P_{add}^0} + \left(\overline{\mathrm{I}_2}\right)^{\left(1-\overline{\mathrm{I}_2}\right)} - 0.5^{0.5}, \qquad (27)$$

где $\mathrm{P_{add}^0}$ – значение, которое выбирается эмпирически, если выполняется условие:

$$\overline{\Delta} > 0, \qquad (28)$$

где $\overline{\Delta}$ – среднее по коэффициентам увеличения яркости каждой цветовой компоненты, полученным по формуле (26) на предыдущем этапе, иначе $\mathrm{P_{add}} = \mathrm{P_{add}^0}$.

3. Осуществляется применение метода адаптивной гистограммной коррекции изображения, полученного после предыдущего этапа, если выполняются условие (28), где значение $\overline{\Delta}$ вычисляется на основании значений Δ предыдущего шага, а также следующее условие:

$$\left|\overline{\mathrm{P_{add}}}\right| \le \left|\mathrm{P_{add}^0}\right|, \qquad (29)$$

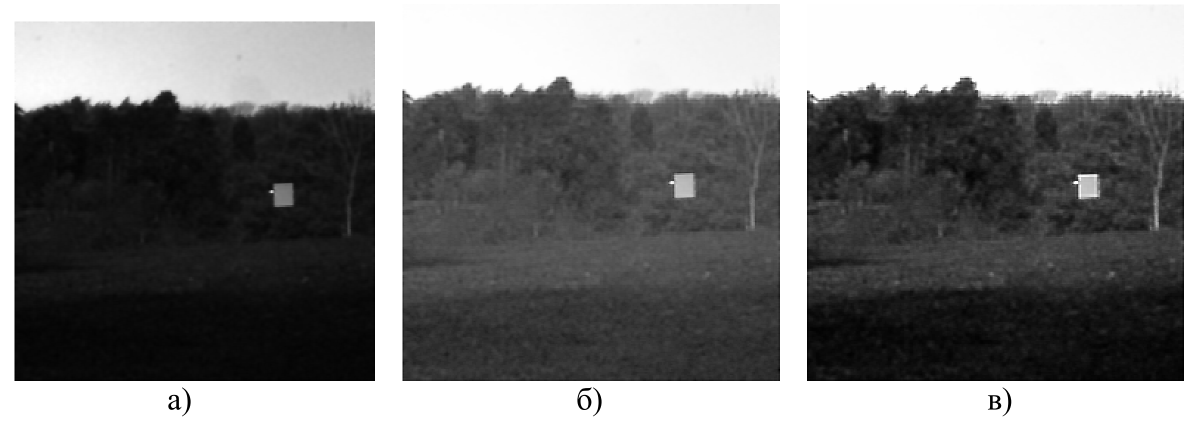
где $\overline{\mathrm{P_{add}}}$ – среднее по значениям $\mathrm{P_{add}}$, полученным для каждой цветовой компоненты на предыдущем шаге.

В случае применения метода адаптивной гистограммной коррекции размерность окна совпадает с размерностью всего изображения. Это делается как для сохранения

цветового соответствия с исходным для этого этапа изображением, так и для исключения появления «граничного» эффекта на стыке между соседними окнами при использовании данного метода.

Экспериментальные результаты были получены на примере обработки полутоновых снимков различной контрастности одного и того же участка леса (рис. 1а и 4а)), и трехдиапазонного (RGB) снимка, полученного в результате дерматоскопии (рис. 5а). Значение параметра $P^0_{add} = -0.15$ во всех экспериментах.

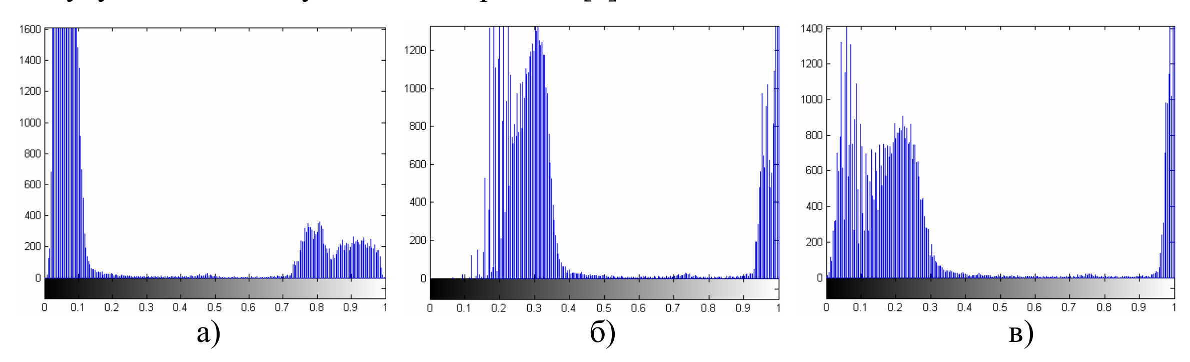
Исходный снимок на рис. 1а) большей частью является «темным» и низкоконтрастным. Изображения, полученные после первых двух этапов обработки исходного снимка по предложенной методике, и их гистограммы представлены на рис. 2б) – 2в) соответственно. Следует отметить, что в этом случае метод адаптивной гистограммной коррекции не использовался, т.к. не выполнились условия (28) и (29). В результате применения предложенной методики (рис. 1в)) на полученном изображении стали различимы присутствующие на нем объекты, кроме того, сохранено соответствие уровней интенсивности с исходным снимком.



а) б) в)

Рисунок 1 – Полутоновые изображения: а) исходное; б, в) полученные после применения преобразований 1-го и 2-го этапов предложенной методики

При сравнении гистограмм исходного изображения (рис. 2а)) и результатов применения 1-го этапа предложенной методики (рис. 2б)) следует отметить сдвиг интенсивности пикселей «темных» участков изображения к середине диапазона и увеличение количества пикселей «светлых» участков, а также уровня их интенсивности. Гистограмма изображения, являющегося результатом применения 2-го этапа предложенной методики (рис. 2в)), свидетельствует о расширении диапазона интенсивности «темных» участков, что улучшает его визуальное восприятие [1].



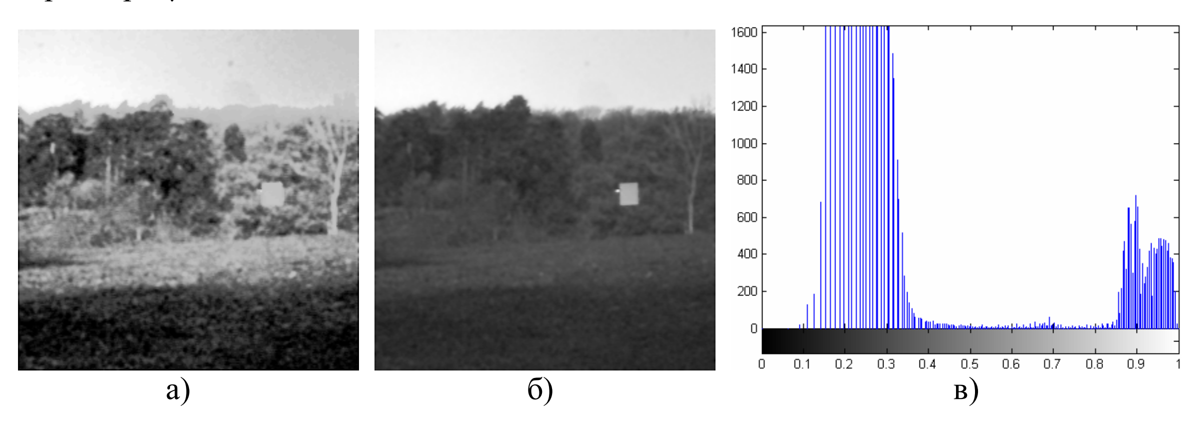
а) б) в)

Рисунок 2 – Гистограммы изображений: а) исходного; б, в) полученных после применения преобразований 1-го и 2-го этапов предложенной методики

На рис. 3 представлены результаты применения традиционных методов повышения контраста и яркости: эквилизации гистограмм (рис. 3а) и гамма-коррекции (рис. 3б)).

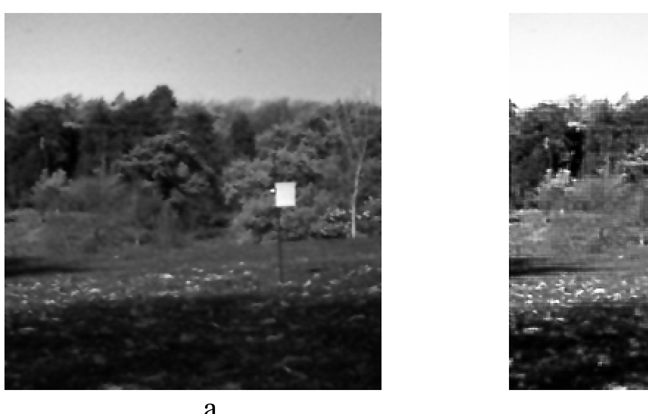
В случае применения метода эквилизации гистограмм на выходном изображении наблюдается «размытый» участок в его правой части, отсутствовавший на исходном снимке, а также цветовое несоответствие с исходным изображением.

Использование гамма-коррекции при значении параметра $\gamma = 0.5$ позволяет получить изображение, внешне схожее с результатами применения метода адаптивного повышения яркости (рис. 1б)). Однако сравнение гистограмм этих изображений (рис. 3в) и 2б)) позволяет выявить существенные различия между ними. Следует отметить, что был экспериментально подтвержден факт ухудшения качества выходного изображения, в случае замены на первом шаге предлагаемой методики алгоритма адаптивного повышения яркости на метод гамма-коррекции. Другим значительным недостатком метода гамма-коррекции является необходимость «ручного» подбора значения параметра γ.



а) б) в)

Рисунок 3 – Результаты применения традиционных методов повышения контраста и яркости для изображения, представленного на рис. 1а): а) эквилизации гистограмм; б) гамма-коррекции ($\gamma = 0.5$); в) гистограмма изображения, представленного на рис. 3б)



а б

Рисунок 4 – а) исходное изображение; б) результаты применения предложенной методики

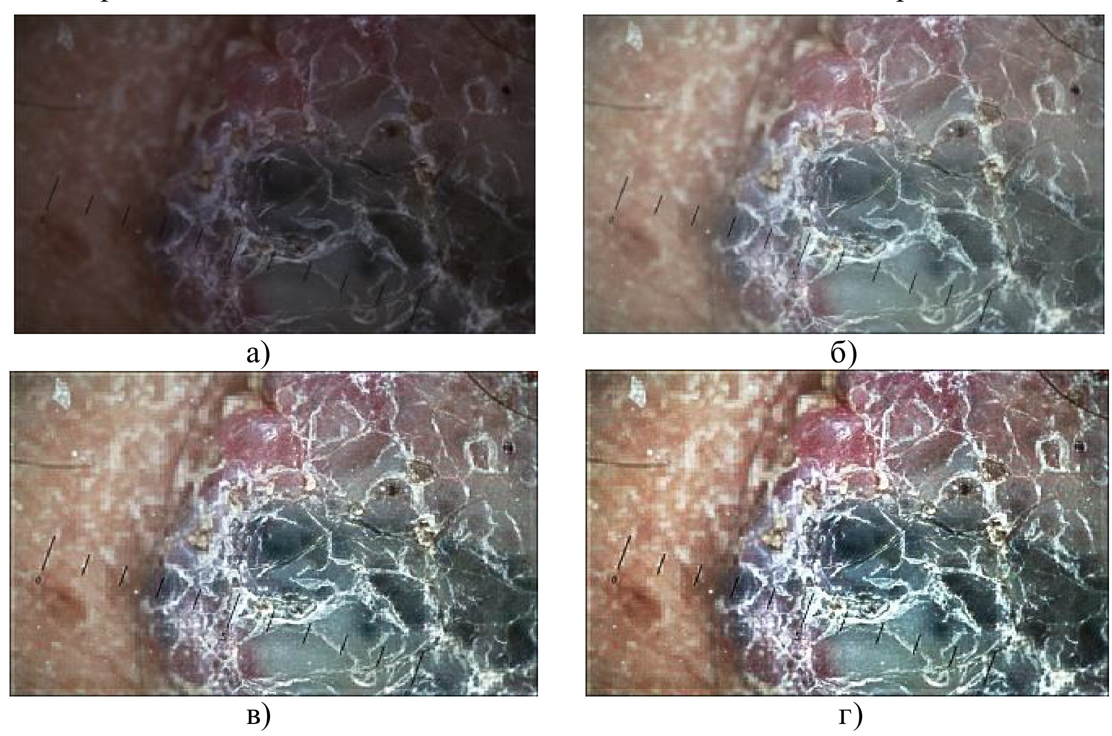
На рис. 4а) представлен высококонтрастный снимок участка леса. Однако применение предложенной методики (рис. 4б)) и в этом случае приводит к существенному повышению яркости и контраста исходного снимка при сохранении соответствия уровней интенсивности исходного и выходного изображений. Как и в случае со снимком на рис. 1а), метод адаптивной гистограммной коррекции не использовался, т.к. не

выполнялись условия (28) и (29). Следует отметить, что в данном случае на выходном изображении (рис. 4б)) проявляется «граничный» эффект на стыке между соседними окнами, возникающий в результате применения метода адаптивного пространственного контрастирования, что является одним из недостатков предложенной методики.

На рис. 5а) представлен RGB снимок, полученный в результате дерматоскопии, содержащий участок кожного новообразования, которое, возможно, представляет собой меланому (кожное онкологическое заболевание).

Одним из основных признаков, по которым происходит визуальная диагностика меланомы, является наличие бело-голубых структур [4]. Однако констатировать их наличие или отсутствие по исходному снимку не представляется возможным, т.к. он является «темным» изображением, содержащим низкоконтрастные участки в области интереса.

Изображения, полученные после применения трех этапов предложенной методики, и их гистограммы представлены на рис. 5б) – 5г) и 6б) – 6г), соответственно. В результате применения предложенной методики на выходном RGB изображении (рис. 6г)) отчетливо различимы структуры в центральной части снимка, на основании чего можно сделать вывод о том, что данное кожное новообразование является меланомой. Следует отметить также сохранение цветового соответствия исходного и выходного изображений.



а) б)

в) г)

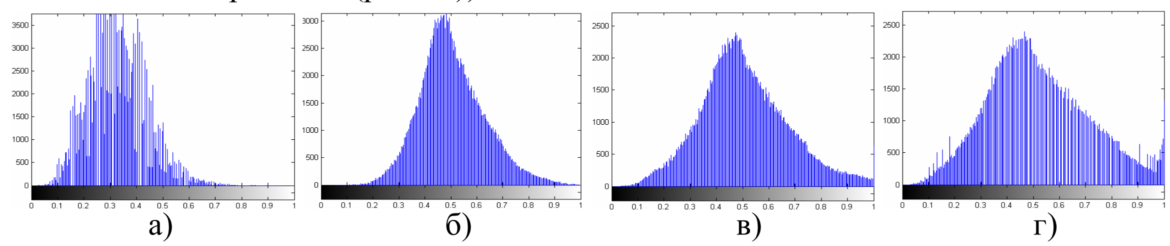
Рисунок 5 – RGB изображения: а) исходное; б) – г) полученные после применения преобразований 1-го – 3-го этапов предложенной методики

При сравнении гистограмм исходного RGB снимка (рис. 6а)) и изображений, являющихся результатами применения трех этапов предложенной методики (рис. 6б) – 6г)), можно сделать следующие выводы.

1. Применение метода адаптивного повышения яркости сдвигает уровень интенсивности цветовых компонент пикселей исходного изображения к середине диапазона (рис. 6б)).

2. Использование метода адаптивного пространственного контрастирования позволяет расширить диапазон интенсивности цветовых компонент изображения, полученного в результате применения преобразований 1-го этапа предложенной методики (рис. 6в)).

3. Применение метода адаптивной гистограммной коррекции позволяет осуществить дальнейшее расширение диапазона интенсивности цветовых компонент пикселей выходного изображения (рис. 6г)).



а) б) в) г)

Рисунок 6 – Гистограммы изображений: а) – исходного; б) – г) – полученных после применения преобразований 1-го этапа – 3-го этапов предложенной методики

Выводы

Предложенная в данной работе методика автоматизированного повышения яркости и контраста может быть применена как к полутоновым, так и к цветным изображениям различной природы и имеет следующие достоинства:

1. Адаптивность.
2. Наличие единственного управляющего параметра, выбор которого осуществляется при первоначальной настройке на обрабатываемые изображения и не требует дальнейшего изменения.
3. Автоматическое определение необходимости повышения яркости на основе статистических характеристик изображения.
4. Сохранение цветового соответствия с исходным изображением.

Среди недостатков предложенной методики можно выделить: различимость «граничного» эффекта на стыке между соседними окнами для некоторых изображений небольшого размера; необходимость принудительного запрещения повышения яркости в случаях, когда исходное изображение должно оставаться «темным», например, при обработке астрономических снимков.

Литература

1. Pratt W.K. Digital Image Processing / Pratt W.K. – New York; Chichester; Weinheim; Brisbane : John Wiley and Sons Inc., 2001. – 723 p.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р.; [пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа]. – М. : Техносфера, 2006. –1070 с.
3. Егоров А.А. Метод адаптивного контрастирования мультиспектральных изображений для повышения достоверности нечеткой кластеризации / А.А. Егоров // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3 – С. 306-314.
4. Robert Johr Dermoscopy The Essentials / Robert Johr, H. Peter Soyer, Giuseppe Argenziano, Rainer Hofmann-Wellenhof, Massimiliano Scalvenzi // Mosby : An imprint of Elsevier Ltd, 2004. – 231 p.

Л.Г. Ахметшина, А.О. Єгоров

Методика автоматизованого підвищення яскравості та контрасту мультиспектральних зображень

У цій статті запропонована методика автоматизованого підвищення яскравості та контрасту мультиспектральних зображень, яка, завдяки своїй адаптивності, може бути застосована для обробки широкого спектра знімків та дозволяє зберегти при цьому кольорову відповідність до вхідного зображення. Представлені експериментальні результати застосування запропонованої методики для обробки півтонових фотографій ділянки лісу та медичного RGB знімку.

L.G. Akhmetshina, A.A. Yegorov

Automated Image Contrast and Intensity Enhancement Method of Multispectral Images

This article deals with automated image contrast and intensity enhancement method of multispectral images. It is allowed to process various color and grayscale photos and to save color correspondence to input image. The experimental results of using proposed method for processing of grayscale photo of forest part and medical RGB image are shown.

Статья поступила в редакцию 22.05.2009.